

Frank Takkinen

# Palvelinvirtualisointi ja pilvipalvelut

Vmware 5 tuoteperhe

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Tietotekniikka  
Insinöörityö  
23.1.2013

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Frank Takkinen Palvelinvirtualisointi ja pilvipalvelut  40 sivua + 1 liitettä 23.1.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkkotekniikka
Ohjaaja Ohjaava opettaja	Johtaja, tekniset ratkaisut, Tapio Pitkäranta Yliopettaja Janne Salonen
<p>Tässä opinnäyteyössä kuvataan lyhyesti pilvipalveluiden yleiset rakenteet ja käydään läpi muutamia kaupallisia esimerkkejä. Työssä käydään läpi virtualisointia ja sen merkitystä pilvipalveluissa. Työn kokeellisessa osuudessa tutkitaan virtuaalikerroksen käyttöönottoa yrityksen X nykyisessä palvelumallissa.</p> <p>Työn kokeellinen osuus toteutettiin käyttämällä Vmware-tuoteperheen palvelinvirtualisointiratkaisuja. Kokeessa mitattiin ja havainnoitiin virtuaalikerroksen tuomia suorituskky eroja, verrattuna perinteisen malliin ilman virtualisointia.</p> <p>Lopputuloksena yritys X sai arvokasta tietoa pilvipalveluista ja heidän tuotteensa soveltuvuudesta virtuaalisessa infrastruktuurissa.</p>	
Avainsanat	Virtualisointi, Vmware, ESXi, Pilvipalvelut

Author Title	Frank Takkinen Server virtualization and cloud services
Number of Pages Date	40 pages + 1 appendices 23 Jan 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Networks
Instructor Supervisor	Tapio Pitkäranta, Director, Technical Solutions Janne Salonen, Senior Lecturer
<p>This thesis is a brief description of cloud services and its general structures. Also thesis go through a few commercial examples of cloud services. The thesis examines the virtualization and its role in cloud services. Experimental part of the thesis is to examine and implement virtual layer into the company's X current service model.</p> <p>The experimental part was carried out by using the VMware family server virtualization solutions. Virtual layer performance differences was measured and observed and then compared to the traditional model without virtualization.</p> <p>As a result, the company X received valuable information about cloud services and their product compatibility in the virtual infrastructure.</p>	
Keywords	Virtualization, VMware, ESXi, Cloudservices

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pilvipalvelut	1
2.1	Määritelmä	1
2.2	Pilvipalveluiden suosio ja ominaispiirteet	2
2.3	Pilvipalveluiden tarjoaminen loppukäyttäjälle	2
	Esimerkki perinteisestä palveluntarjonnasta verrattuna pilvimalliin	3
2.4	Palvelumallit	3
2.4.1	Oma konesali ja On-premise	4
2.4.2	Managed hosting & ASP	4
2.4.3	XaaS	4
2.5	Kaupallisia pilvipalveluita	5
2.5.1	Hetzner	5
2.5.2	Elisa eSali	6
2.5.3	Amazon Web Services	6
3	Virtualisointi	7
3.1	Määritelmä	7
3.2	Virtuaalipalvelinten historia	7
3.3	Nykytilanne	8
3.4	Palvelinvirtualisointiratkaisut	9
3.4.1	Proessorin suojaustasot	9
3.4.2	Ohjelmistopohjainen virtualisointi	10
3.4.3	Jaettu kernel-tason virtualisointi	10
3.4.4	Kernel-tason virtualisointi	10
3.4.5	Hypervisor-virtualisointi	11
3.5	Miksi virtualisoida?	12
3.6	Virtualisointituotteita tarjoavat yritykset	13
4	Kokeellinen osuus	14
4.1	Nykytilan kuvaus	14
4.2	Kokeen tavoite ja toteutus	15

4.3	Valittu tuote/ratkaisu ja syy	15
4.4	Vmware palvelinvirtualisoinnin peruselementit	16
4.4.1	Vmware ESXi	17
4.4.2	Vmware vSphere	18
4.4.3	Vmware vCenter	19
4.5	vMotion ja automaatiotekniikat	21
4.6	Testin lähtöasetelmat	22
4.6.1	Kokeen vaiheet	23
4.6.2	ESXi:n asennus ja konfigurointi	23
4.6.3	Virtuaalikoneen luonti:	24
4.6.4	Toisen testikoneen asentaminen	28
4.7	Testin numeeriset tulokset	28
5	Tulosten analysointi, päätelmät, pohdinta	29
5.1	Tulosten analysointi	29
5.2	Pohdintaa	29
5.3	Yhteenveto	29
5.3.1	Vahvuudet	30
5.3.2	Heikkoudet	30
5.3.3	Mahdollisuudet	31
5.3.4	Uhat	31

## Liitteet

### Liite 1. Testien tulokset

## Lyhenteet

IaaS	Infrastructure as a Service; infrastruktuuri palveluna.
PaaS	Platform as a Service; sovellusalusta palveluna.
SaaS	Software as a Service; sovellus palveluna.
SLA	Service Level Agreement; palveluntasosopimus.
ASP	Application Service Provider; sovelluspalvelimen vuokraus.
IT	Information Technology; tietotekniikka.
Big Data	Suuri tietokantohin soveltumaton käsittelemätön tieto.
VMM	Virtual Machine Manager; nykyään hypervisor.
Green IT	Ympäristöystävällinen tietotekniikka kehityssuunta.
KVM	Kernel-based Virtual Machine; linux virtualisointiratkaisu.
NAS	Network-Attached Storage; verkkoon liitetty tallennustila.
DAS	Direct-Attached Storage; paikallisesti liitetty tallennustila.
SAN	Storage Area Network; tallenninverkko
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats; vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat.
SSH	Secure Shell; salattu tietoliikenne protokolla.
CPU	Central Processing Unit; suoritin.
RAM	Random-Access Memory; keskusmuisti.

BIOS	Basic Input/Output System; tietokoneen laiteintegroitu käyttöjärjestelmän lataaja.
IP	Internet Protocol; Internetin verkkoprotokolla.
RAID	Redundant Array of Independent Disk; kiintolevyjen suorituskykyä ja vikasietoisuutta parantava ratkaisu.
LVM	Logical Volume Management; looginen taltiohallinta.
NFS	Network File System; verkkotiedostojärjestelmä.
VMFS	Virtual Machine File System; Vmwaren käyttämä tiedostojärjestelmä.
USB	Universal Serial Bus; sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
ext4	Fourth extended filesystem; moderni Linux-tiedostojärjestelmä.

## **1 Johdanto**

Tämä opinnäytetyö on tilattu yritys X:n toimesta selvittämään, hyötyjä ja haittoja virtuaaliset pilvipalvelumallit voisivat tuoda yritys X:lle, jos he siirtyisivät tarjoamaan palveluitaan pilvestä. Yritys X on myös kiinnostunut selvittämään, ovatko mahdolliset virtuaaliratkaisuiden tuomat hyödyt kustannusten veroisia ja minkälaisia ominaisuuksia ne pitävät sisällään.

Tässä työssä kuvataan lyhyesti pilvipalveluiden yleiset rakenteet ja käydään läpi muutamia kaupallisia esimerkkejä. Työssä käydään läpi virtualisointia ja sen merkitystä pilvipalveluissa. Työn kokeellisessa osuudessa tutkitaan virtuaalikerroksen käyttöönottoa yrityksen X nykyisessä palvelumallissa.

Tämän opinnäytteen painopisteenä on kokeellinen osuus, jossa pyritään selvittämään, onko yritys X:n sovellusta mahdollista tuottaa virtuaalisella alustalla tehokkaasti, ja näin ollen mahdollisuutta tarjota yritys X:n tuotetta pilvipalveluna.

## **2 Pilvipalvelut**

### **2.1 Määritelmä**

Pilvipalvelulla ei ole yhtä yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Tietotekniikassa käsitteellä ”pilvi” viitataan yleisesti internetiin. Yksi yleisimmin siteerattuja määritelmiä on Yhdysvalloissa julkishallinnon standardeja pohtivan paikallisen elinkeinoministeriön alainen National Institute of Standards and Technology (NIST) määritelmä pilvipalveluille:

Cloud Computing on toimintamalli, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä helposti ja nopeasti. [14, s. 1.]

Pilvilaskenta on termi, jolla tarkoitetaan pääsääntöisesti tietoliikenneyhteyksien, laskenta- ja tallennuskapasiteetin tarjoamista verkossa niin, että käyttäjän ei tarvitse huolehtia resurssien loppumisesta. Käyttäjälle ei lähtökohtaisesti myöskään ole



merkityksellistä se, missä laskenta ja data fyysisesti sijaitsevat. Oleelliseksi osaksi jää itse sovelluksen toiminta ja pilvipalvelun skaalautumiskyky kuormituksessa. [11, s. 7, 8.]

## 2.2 Pilvipalveluiden suosio ja ominaispiirteet

Pilvilaskenta mahdollistaa pilvipalvelut, joiden suosio on suuressa kasvussa ja on jo osa monen ihmisen ja yrityksen arkipäivää. Pilvipalveluiden tuottamisen ovat mahdollistaneet verkkoliikenteen nopeuksien kehittyttyä pisteeseen, jossa voidaan suuriakin datamassoja siirtää nopeasti paikasta A paikkaan B, riippumatta toistensa maantieteellisestä sijainneista.

Muina syinä pilvien suosioon ovat matalat investointikustannukset sekä massamuistin halpa hinta per tallennusyksikkö. Monet yritykset, kuten esimerkiksi Google ja Microsoft tarjoavatkin mm. ilmaista tallennustilaa, jos käytetään heidän pilvipalveluitaan.

Myös se, että data sijaitsee fyysisesti muulla kuin omalla paikallisella kovalevyllä, mahdollistaa tiedon tai palvelun jatkuvan saatavuuden aina niin kauan, kun on yhteys internetiin. Jos kyseessä ei ole itse ylläpitämä pilviresurssi, haittapuolena voi olla epätietoisuus siitä, missä datat fyysisesti sijaitsevat. Siihen liittyvät myös tietoturvallisuus, sopimus ja lakiasiat. [11, s. 7, 8.]

Pääsääntöisesti pilvipalveluita pidetään hyvän SLA:n omaavana palveluna. Syynä siihen on hajautettu infrastruktuuri ja keskitetty hallinta. Toteutus tapahtuu yleisesti virtualisoimalla pilvipalvelun infrastruktuuri tai sen keskeiset osat.

## 2.3 Pilvipalveluiden tarjoaminen loppukäyttäjälle

Sovelluspalveluiden tarjoaminen voi perinteisesti alkuun vaatia yritykseltä valtavia investointeja, ennen kuin he edes pääsevät tarjoamaan omia palveluitaan asiakkaille. Pilvipalvelut ovat tulleet ratkaisuna poistamaan suuret alkuinvestoinnit ja nopeuttamaan palveluiden käyttöönottoa. Asiakkaiden tarpeet nopeissa aikatauluissa, vaihtelevissa dataliikennemäärissä ja kustannussäästöissä, ovat ajaneet monet yritykset viemään palvelunsa pilveen. Ellei kyseessä ole oma pilvi, on pilvipalveluiden

ylläpito melkein poikkeuksetta palveluntarjoajalla, jolloin yritys pystyy keskittämään paremmin IT-osaamisensa lähemmäs omaa ydinliiketoimintaansa. [11, s. 7, 8.]

Pilvipalvelun resursseja pystytään helposti tarjoamaan käyttäjille täysin halutulla tasolla ja asiakkaiden kapasiteettitarpeilla. Pilvitasolla asiakasta laskutetaan perinteisesti käytön ja kapasiteetin mukaan, poiketen lisenssimallista, jossa käyttöasteella ei ole merkitystä hintaan.

Pilvestä hankitun palvelun tunnusmerkkejä ovat nopea käyttöönotto, yksinkertainen hallinta ja helposti skaalautuvat resurssit. Tämä mahdollistaa asiakkaalle täydellisen itsepalvelun. Tyypillisesti asiakas kirjautuu palveluntarjoajan sivuille, josta voi rakentaa omaan tarkoitukseen palvelukokonaisuuden ja saada sen hetkessä käyttöönsä. Multitenanttisuus eli yhden sovelluksen ja sen koko resurssien tarjoaminen useammalle asiakkaalle samaan aikaan, on myös pilvipalveluiden tunnusmerkkejä. [11, s. 6.]

Esimerkki perinteisestä palveluntarjonnasta verrattuna pilvimalliin

Inertia:

Uusi yritys ostaa kokonaan oman IT-järjestelmän ja työvoiman pyörittämään omaa sovellustaan ja tarjoamaan sitä asiakkaille. Alkuinvestoinnit ovat suuria ja asiakkuusmäärät vielä pieniä. Laitteiden hyötysuhde on näin ollen huono. Asiakkuuksien lisääntyessä epätasaisesti on suorituskykyä oltava puskurissa niin paljon, että se riittää kuormapiikkienkin yli. Näin hyötysuhde on huono, mutta suurin mahdollinen käyttöaste on oltava kuitenkin reservissä kuormapiikkien varalta. Jos nykyiset resurssit eivät riitä, on niiden lisääminen hidasta ja kallista. Myös uusien asiakkuuksien määrän ja tarpeiden ennustaminen vaikeaa, joka lisää resurssien puskurivalmiutta. [11, s. 67.]

## 2.4 Palvelumallit

Tässä esitetyt palvelumallit jakautuvat karkeasti kahteen luokkaan: perinteiset lisenssi-tyyppiin palvelinratkaisuihin ja käytön mukaan laskutettaviin pilvipalvelumalleihin.

#### 2.4.1 Oma konesali ja On-premise

Tapaa, jossa kaikki palvelun ylläpito on yrityksen omassa hallinnassa ja sitä tarjotaan omasta palvelinsalista lisenssimallilla, kutsutaan On-premiseksi. Sovelluksia ostetaan lisenssitäin pitkille aikajaksoille kerrallaan, joita ajetaan itse hankkimilla ja ylläpitämällä palvelimilla omassa tietoverkossa. Ominaista ovat esim. suuret etukäteiskustannukset, hitaat muutokset, pitkät sopimus- ja käyttöönottoajat. Tämän tyyppinen palvelumalli on vastakohta pilvipalvelumallille. [11, s. 6, 65.]

#### 2.4.2 Managed hosting & ASP

ASP:issa taas palvelimien ja sovelluksen ylläpito ja omistus on ulkoistettu kolmannelle osapuolelle. Tyypillisesti ASP-palvelun tarjoaja on sovelluksen että palvelimien omistaja ja jokaista asiakasta kohti on oma palvelimensa, jolloin liiketoiminta muuttuu palveluntarjoajalla sovelluksen vuokraamiseksi. Managed hostingissa palvelimet eivät enää ole rautatasolla oman IT-osaston ylläpitämiä. Tyypillisesti voidaan ostaa palvelua kuukausihinnoittelulla. Managed hosting ja ASP-mallit ovat lähempänä pilvipalvelumallia kuin On-premise-lisenssimalli. [11,s. 6, 65.]

#### 2.4.3 XaaS

Palvelut, jotka toimitetaan pilvestä, voidaan karkeasti jakaa useampaan alakategoriaan sen perusteella, millä tasolla pilvipalvelua halutaan tuottaa. Näitä palvelutasoja kuvataan yleisesti englanninkielisellä termillä XaaS (anything as a service). Yleisimmät alakategoriat ovat IaaS, PaaS ja SaaS. Yhteistä XaaS-palveluilla on kaikki pilvipalveluiden tuomat ominaisuudet. Tyypillisesti XaaS-palveluiden käyttöönotto ja hallinta tapahtuu internet selaimen kautta. [2.]

IaaS eli infrastruktuuripalveluna (Infrastucture as a Service), on tarjota tietotekniikan peruselementtejä, kuten prosessointitehoa, muistia ja verkkokomponentteja eli IT-infrastruktuuria pilvestä. Ainoana mahdollisena ohjelmarajapintana IaaS-mallissa pidetään puhdasta käyttöjärjestelmää. Käyttöjärjestelmä on monessakin tapauksessa asiakkaan valitsema ja rajana, jossa palveluntarjoajan ylläpidon vastuun siirtyy asiakkaalle. Tällä mallilla päästään eroon omasta palvelinraudasta ja saavutetaan

pilvipalveluille ominaiset virtuaalisoinnin tuomat edut, joista on lisää luvussa kolme. IaaS-mallissa on tyypillistä käytön ja kulutuksen mukainen laskutus.[1; 11, s. 72.]

PaaS-malli eli sovellusalusta palveluna (Platform as a service) on suuri suosio sovelluskehittäjillä. Tässä mallissa päästään eroon kokonaan omasta IT-infrastruktuurista ja järjestelmäosaamisesta. Tyypillisesti käyttöjärjestelmä tasolla ei PaaS-tasolla työskennellä, vaan täysin kehitysympäristössä, joka venyy tarpeitten mukaan. PaaS-mallilla voidaan esimerkiksi myös tarjota asiakkaalle mahdollisuus kehittää ja tehdä ohjelmia graafisesti itse ilman, että heidän tarvitsee koskaan edes nähdä kirjoitettua koodia. [11; 76.]

SaaS malli eli sovellus palveluna (Software as a Service) mallissa ollaan palvelu viety tasolle, jossa sitä tarjotaan täysin valmiina tuotteena . Suurin osa SaaS-palveluista tarjotaan käytettäväksi suoraan web-selaimen kautta, joten alustariippuvuutta ei ole. [11; 10.]

Siirryttäessä IaaS-mallista kohti SaaS-mallia, ollaan aina lähempänä standardinmpaa ja tuotteistetumpaa mallia, jolloin mm. palvelun kustomointimahdollisuudet vähenevät ja itsepalvelu kasvaa. [11, s. 23.]

## 2.5 Kaupallisia pilvipalveluita

Seuraavaksi esitellään muutamia erilaisia IaaS-palveluntarjoajia, joita voitaisiin pitää potentiaalisina yrityksen X tuotteen alustoina.

### 2.5.1 Hetzner

Hetzner Online on omien sanojensa mukaan saksalainen ammattitaitoinen web hosting -palvelujen tarjoaja ja kokenut datakeskusoperaattori. Vuodesta 1997 yhtiö on tarjonnut yksityishenkilöiden ja yritysten asiakkaille korkean suorituskyvyn hosting-tuotteita, sekä vahvan infrastruktuurin toiminnan takaamiseksi. Hetzner markkinoi itseään yhdistelmänä vakaata tekniikkaa, houkuttelevaa hinnoittelua ja joustavaa tukea.

Lyhyesti Hetzner tarjoaa käyttäjilleen helposti ja nopeasti hosting-palveluita muutaman euron maksavasta web-hostauksesta muutamaan sataan euroon maksavasta dedicated hosted server-palveluun. Palvelu toimii niin, että valitaan haluttu palvelinkokoonpano ja mahdolliset lisäpalvelut. Palvelimet ovat yleensä viimeistään vuorokauden kuluessa käyttövalmiina tilauksesta. Palvelimiin on saatavilla hiukan kustomointivaraa ja räätälöintiä, mutta ovat ne pääsääntöisesti vakiokokoonpanoja ja ylläpito on suurimmaksi osaksi asiakkaan vastuulla. Palvelimia hallitaan Hetznerin web-sivujen kautta kirjauduttuaan ”robottiin”, jolla voidaan hallita palvelimen asetuksia, kuten käynnistää käyttöjärjestelmän asennus, monitoroida palvelimen tilaa ja ottaa käyttöön lisäpalveluita. Mainittavana asiana on hinnoittelu, jossa internetkaistan käytön tai sähkönkulutuksen mukaista laskutusta ole. Hetzner on kuitenkin enemmän palvelutasona lähempänä palvelin hostausta kuin IaaS-palvelua.

### 2.5.2 Elisa eSali

Elisan kuvaus eSali-palvelusta: Elisa eSali -palvelun käyttömahdollisuudet ovat rajattomat. Palvelun avulla mahdollistetaan liiketoimintariskien pienentämisen, lisäkapasiteetin helpon saatavuuden integraatioiden avulla sekä turvallisen kasvun skaalautuvuuden kautta. Elisa eSalin avulla on mahdollista vähentää investointeja, sillä siinä maksetaan palvelusta käytön ja kasvun mukaan.

Palvelun käyttöönotto on todella nopeaa ja toteutettu täysin itsepalveluna. Datacenterin pystytys tapahtui kokeilemalla alle puolessa tunnissa. eSali Pohjautuu vahvasti Vmwaren tuotteisiin ja Vmware vCloud Director onkin tuote, jota eSalin hallintaan käytetään. Elisa eSali-palvelu vastaa täysin IaaS-palvelutasoa. eSalin käyttö ja virtuaalipalvelinten luonti ja hallinta on todella yksinkertaista ja helppoa. Elisa eSalia hallinnoidaan täysin internetselaimen kautta.

### 2.5.3 Amazon Web Services

AWS kuvailee itseään näin: Amazon Web Services tarjoaa täydellisen infrastruktuurin ja palveluita, joiden avulla voi suorittaa lähes kaiken pilvessä, muukaan lukien yritystason sovellukset, Big Data-hankkeet, verkkopelit ja mobiilisovellukset. Yksi tärkeimmistä eduista pilvilaskennassa on mahdollisuus korvata alkuvaiheen pääomaa

infrastruktuurimenot alhaisilla muuttuvilla kustannuksilla, jotka skaalautuvat yksilöllisesti juuri asiakkaan tarpeisiin.

AWS-palvelut koostuvat palveluelementtipaletista, josta valitaan tarpeiden mukaan. Esimerkkinä käytetyimpänä elementtinä EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud) , joka on virtuaalipalvelinelementti ja S3 (Simple Storage Service), joka on levytilaa tarjoava elementti.

AWS:n käyttöönotto myös todella nopeaa. AWS käyttää Xen-virtuaalisointiratkaisuja virtuaalipalvelimien tuottamiseen. AWS on yksi laajimmista ja monipuolisimmista IaaS-järjestelmistä, mitä tällä hetkellä on tarjolla. AWS:llä voidaan toteuttaa suuretkin IT-järjestelmät; kuitenkin AWS vaatii itsessään jo paljon opettelua ja ei ole yhtä suoraviivainen ja yksinkertainen käyttää kuin esimerkiksi Elisa eSali. AWS:n käyttö on hinnoittelumalliltaan tuntiveloitteista.

### **3 Virtualisointi**

#### **3.1 Määritelmä**

Virtualisointi on laaja termi, joka viittaa moniin eri tapoihin tehdä tietojenkäsittelyn resursseista abstrakteja. Virtualisoimalla fyysisiä laitteita ja komponentteja saadaan aikaan loogisia resursseja. Loogiset yksiköt muodostavat yhtenäisen ja dynaamisen "resurssipoolin", josta resursseja voidaan helposti jakaa palveluille juuri tarpeittensa mukaan.

Pilvipalveluiden kannalta virtualisointi on tuonut pilvipalveluille ominaispiirteenä pidettyä dynaamista, automatisoitua ja skaalautuvaa resurssien saatavuutta ja hallintaa.

#### **3.2 Virtuaalipalvelinten historia**

Virtualisointi-termi on saanut alkunsa jo 1960-luvulla, jolloin IBM otti käyttöönsä ensimmäistä kertaa virtuaalimuistin. Ensimmäinen kokonaan virtualisoitu tietokone tapahtui vuonna 1972, kun IBM julkaisi VM/370-käyttöjärjestelmänsä. [7.] Tämä

mahdollisti kokonaan yhden fyysisen tietokoneen jakamisen useaan virtuaalikoneeseen ja niiden ajamiseen rinnakkain. Siihen aikaan tietokoneet olivat harvinaisia ja erittäin kalliita, resursseja oli järkevää hyödyntää niin paljon kuin mahdollista. Myös silloin kehitettiin palvelinvirtualisoinnissa käytetty VMM, joka nykypäivänä tunnetaan paremmin nimellä Hypervisor, jonka tehtävänä oli hallita virtuaalikoneita. Silloin virtualisoinnin päätehtävänä oli hyödyntää tehokkaasti tietokoneiden resursseja, koska yksittäiset tietokoneet olivat todella kalliita.

Suurien yksittäisten Mainframe-koneiden jäädessä historiaan tietokoneiden halvennettua kuluttajatasolle ja palvelinten lukumäärien kasvaessa ei virtualisoinnille ollut markkinoilla tarvetta 80-90-luvulla. [8.]

Virtualisointi tuli tekniikkana uudelleen suosioon 1990-luvun lopussa, kun havaittiin, että yksittäisten palvelinten käyttöasteet olivat alhaisia. Tähän tarkoitukseen Vmware-yritys kehitti ensimmäisen x86-koneille tarkoitetun virtuaalialustan. Samoihin aikoihin suurimmat prosessorivalmistajat Intel ja AMD julkaisivat uudet prosessorinsa tukien virtualisointia laitetasolla. Tämä paransi merkittävästi virtualisoinnin suorituskkyä verrattuna aikaisempiin kankeisiin emulointi tyyppisiin virtuaaliratkaisuihin. [8; 6.]

Tietokoneet olivat 2000-luvulle tultaessa muodostuneet arkipäiväksi yhteiskunnan eri osa-alueilla, ja yritysten sisäiset toiminnot nojasivat merkittävästi tietojärjestelmiin. Tietotekniikan kasvanut osuus tarkoitti myös nopeasti kasvavaa laskentaresurssien määrää. Virtualisointi alkoi lyödä läpi ratkaisuna järjestelmien ja yksittäisten laitteiden irrottamiseksi toisistaan. Virtualisoinnin avulla yksittäiset laitteet ja palvelimet muuttuvat merkityksettömiksi ja tärkeitä järjestelmiä voidaan hallita aiempaa tehokkaammin.

### 3.3 Nykytilanne

Virtualisointi on ollut tekniikkana jo siis pitkään olemassa ja käytössä osissa tietokoneiden komponentteja. Kuitenkin vasta palvelinten ja kokonaisten järjestelmien virtualisoiminen on mahdollistanut pilvipalvelut ja niiden tuomat edut.

Virtualisointia on pidetty virtuaalikerroksen tuoman byrokratian määrän syystä suorituskkyyn negatiivisesti vaikuttavana tekijänä ja vain hetkellisenä IT-trendinä.

Kuitenkin virtualisointitekniikoiden kehittyttyä ja yleistyttyä on virtualisointi tavoittanut myös todella suorituskkyä vaativia ja bisneskriittisiä sovelluksia.

Virtualisointia on vauhdittanut myös Green IT-trendi. Palvelinfilosofiassa, jossa pääsääntöisesti yhdellä palvelinraudalla on yksi tehtävä, on useasti heikko käyttöaste. Siirryttäessä palvelinvirtualisointiin, jossa ideana on yhdellä tehokkaalla palvelinraudalla ajaa useaa virtuaalipalvelinta, saadaan palvelimien käyttöastetta korkeammaksi ja sähkön kulutus laskemaan. Myöskään palvelinrakit eivät täyty yhtä nopeasti, fyysistä tilaa on enemmän. Jäähdytys kuluissa pystytään säästämään palvelinten lukumäärän ja virranhallinta ominaisuuksien vuoksi. [8; 6.]

Vmwaren mukaan vuonna 2012 virtuaalikoneiden määrä ylitti fyysisten tietokoneiden lukumäärän.

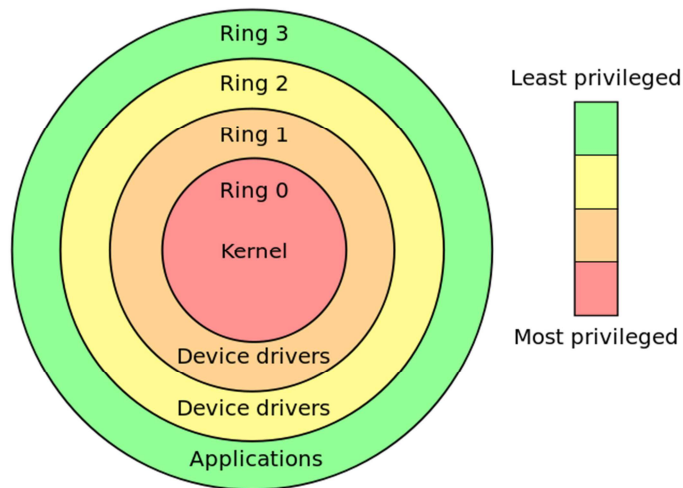
### 3.4 Palvelinvirtualisointiratkaisut

Kokonaisen virtuaali-infrastruktuurin ytimenä toimivat virtualisoidut palvelimet, jotka toimivat alustana virtuaalikoneille ja virtuaalilaitteille. Palvelinvirtualisointi ratkaisuja on monia, joista suosituimpana hypervisor-tyyppinen virtualisointimenetelmä, koska mahdollistaa kokonaisten IT-infrastruktuurien virtualisoinnin ja monitoroinnin.

#### 3.4.1 Prosessorin suojaustasot

x86-prosessoreiden käyttöoikeudet on jaettu oikeustasoihin *rings*. Tasoja on tyypillisesti 0 – 3. Nolla kuvaa käyttöjärjestelmän ytimen käyttämää "super user"-tasoa ja tason 3 kuvatessa käyttöjärjestelmän päällä pyörivien ohjelmien oikeuksia käskyttää prosessoria. [13.]





Kuvio 1. Prososessorin suojaustasot [13.]

### 3.4.2 Ohjelmistopohjainen virtualisointi

Ohjelmistopohjainen virtualisointi on ratkaisu, jossa ajetaan emuloimalla virtuaalikoneita ohjelmina täysin pääkäyttöjärjestelmän päällä *ring*-tasolla 3. Tällä saavutetaan täysin laitteistoriippumaton virtuaaliympäristö, jonka heikkoutena on kuitenkin huono suorituskyky, jonka vuoksi palvelinvirtualisoinnin sijaan tätä tyypillisesti käytetään työpöytävirtualisointiin. [5.]

### 3.4.3 Jaettu kernel-tason virtualisointi

Jaetun ytimen virtualisoinnissa on mahdollista ajaa virtuaalikoneita omina koneinaan, kuitenkin jakaen käyttöjärjestelmän ytimen. Virtuaalikoneiden rajoitteena toimii ytimen versio, joten ytimen versio on sama kaikille virtuaalikoneille. Esimerkiksi Windows- ja Linux-virtuaalikoneen samanaikainen suorittaminen ei olisi mahdollista jaetun ytimen virtualisoinnissa. [5.]

### 3.4.4 Kernel-tason virtualisointi

Kernel tason virtualisoinnissa on samantapainen kuin jaettu kernel-virtualisointi, mutta virtuaalikoneilla ole jaettua ydintä ja niitä hallitaan oman käyttöjärjestelmän kautta. Hallintakäyttöjärjestelmä joutuu vastaamaan siitä, että virtuaalikoneiden ytimien käskyt kääntyvät myös hallintakäyttöjärjestelmän ytimen kanssa. [5.] Kernel-tason

virtualisoinnilla voidaan saavuttaa huippuluokan suorituskykyä ja on hyvä kilpailija hypervisor-ratkaisuille. KVM on suosituin kernel-tason virtualisointiratkaisu, joka toimii linuxilla ja näin ollen vapaata lähdekoodia.

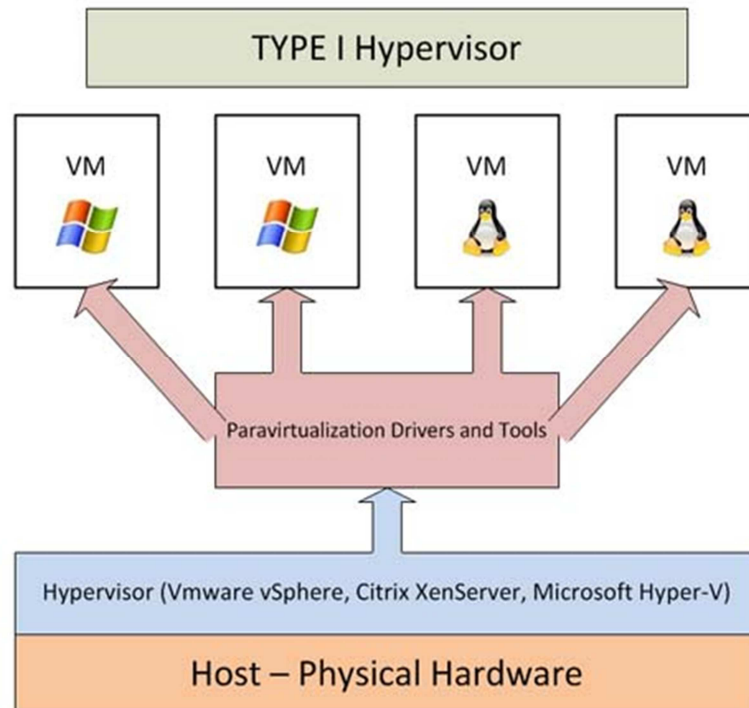
### 3.4.5 Hypervisor-virtualisointi

Suurin osa käytössä olevista palvelinvirtualisointiratkaisuista sisältää hypervisor-tyyppisen ratkaisun, jonka tarkoituksena on hallita virtuaalikoneita. Hypervisor-komponentti on lähimpänä prosessorin ydintä käyttäen näin prosessorin tasoa nolla, hypervisorin hallinnoimat virtuaalikoneet taas tasoa 1. Hypervisor on alustana virtuaalilaitteille fyysisen palvelimen ja virtuaalikerroksen välissä. Hypervisorin toiminnasta lisää luvussa 4.3. Parhaan yhteensopivuuden ja suorituskyvyn löytämiseksi hypervisor virtualisoinneissa yhdistellään useaa tapaa virtualisoida laitteita. Näitä tapoja on pääsääntöisesti kolme: täysvirtualisointi, laitteistovirtualisointi ja paravirtualisointi. [4; 5.]

Täysvirtualisoinnissa saavutetaan parhaassa tapauksessa täysi laitteistoriippumattomuus ja ihanteellinen abstraktio virtualisoidessa laitteita ja palvelimia. Hypervisorin tehtävänä on emuloida virtuaalikoneiden käskyt hypervisorin kautta aiheuttaen sen suorituskyvyn heikkenemisen. [5; 8.]

Laitteistovirtualisointi on tullut apuun korjaamaan täysvirtualisoinnin tuomia suorituskykyongelmia tuomalla laitteistotason tuen suoraan virtuaalikoneille. Esimerkiksi AMD:n ja Intelin on julkaissut virtualisointia tukevat prosessorit, jotka mahdollistavat oikeuden virtuaalikoneille käyttää suoraan prosessoreiden *ring 0* oikeuksia ohi hypervisorin. [5; 8.]

Paravirtualisoinnilla tarkoitetaan virtualisointia, jossa virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmät tukevat laitteita suoraan hypervisorin läpi tasolla nolla. Tämä vaatii kuitenkin käyttöjärjestelmän tuen ja yhteensopivat ajurit virtuaalikoneiden ja fyysisen laitteiden kanssa. Paravirtualisoimalla saavutetaan huomattavia suorituskyky parannuksia. [5; 8.]



Kuvio 2. Hypervisor [4.]

### 3.5 Miksi virtualisoida?

Siirryttäessä yksittäisten fyysisten resurssien mallista yhtenäiseen loogiseen resurssipooliin malliin, saadaan aikaan keskitetty hallinta ja resurssien parempi hyötysuhde. Näin ollen itse virtuaalipalvelimista saadaan aikaan loogisia resurssikokonaisuuksia, jotka tekevät niistä riippumattomampia ja elastisempia.

Palvelimia virtualisoimalla, voidaan niiden käyttöastetta helposti parantaa. Virtualisointi antaa mahdollisuuden esimerkiksi kahden virtuaalikoneen varata palvelimen kaikki prosessorit käyttöönsä, jolloin hypervisorin tehtäväksi jää jakaa prosessorin ajankäytöt virtuaalikoneiden kesken.

Virtualisoituja koneita säilytetään tiedostomuodossa, joka tekee niistä yksinkertaisen tavan käsitellä ja liikutella paikasta toiseen. Virtuaalikoneiden kopiointi on myös yksinkertaisempaa tehden varmuuskopiointin ja kloonaamisen helpommaksi.

Virtuaalikoneet tiedostomuodossaan normaalisti käsittävät vain pelkät oleelliset järjestelmäasetukset ja tiedostot pitäen ne mahdollisimman pieninä. Itse palvelimen

käyttämään dataan viitataan kahvoilla, joten samaa dataa voidaan käsitellä useasta palvelimesta samaan aikaan. Näin ollen käsiteltävän datan tarvitsee olla vain yhdessä paikassa yhteen kertaan. Tyypillisesti tämä on toteutettu keskitetyillä levypalvelimilla NAS- ja SAN-ratkaisuilla, jossa on yhteinen levy-pinta kaikille fyysisille palvelimille, jolloin voidaan kokonaan luopua palvelinten (DAS) paikallisista kiintolevyistä.

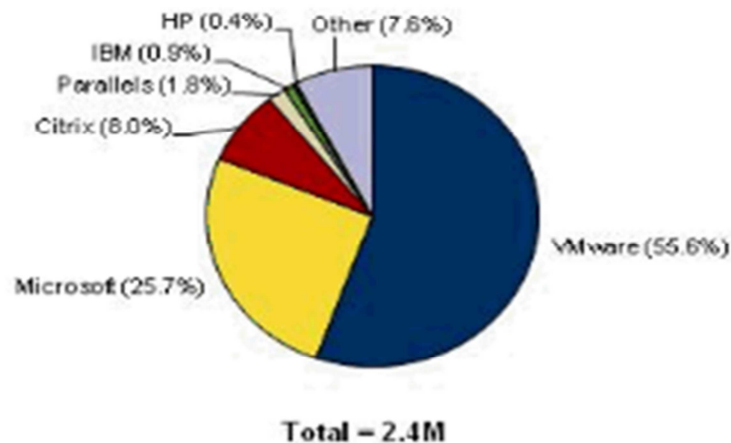
Säävuttaaksemme pilvelle ominaiset piirteet ja maksimoidaksemme suorituskyky tulee myös erityisesti kiinnittää huomiota palvelinraudan valintaan. Koska ideana on vähentää fyysisten palvelimien lukumäärää, on palvelimen oltava tarpeeksi suorituskykyisiä ja vikasietoisia korvataksaan yksittäiset fyysiset palvelimet.

Luotettavuus ja SLA nousevat siirryttäessä virtualisoituun järjestelmään suhteessa kustannuksiin, mutta vain jos palvelinten ja verkkoyhteyksien laatu ja suunnittelu on tehty oikein. Verkkokomponenttien tulee olla ehdottoman laadukkaita ja yhteyksien varmistettuja, jotta säävutetaan huipputason vikasietoisuus ja saatavuus. Säävuttaakseen huipputason katkeamattoman palvelun, ovat etenkin yhteydet levypalvelimiin ja levypalvelimet oltava mahdollisimman vikasietoisia.

### 3.6 Virtualisointituotteita tarjoavat yritykset

Siirtyminen täysin virtualisoituun infrastruktuuriin, siirtymistä omaan pilveen edellyttää vahvan ja yhtenäisen virtuaaliratkaisun. Kolme suurinta kaupallista palvelinvirtualisointiratkaisujaan tarjoavaa yritystä ovat Vmware, Microsoft ja Xen(Citrix), näistä Vmware ylivoimaisena markkinajohtajana. Muita mainittavia ratkaisuja on ilmainen vapaan lähdekoodin KVM (Kernel Virtualization)

Worldwide Virtual Machine Software Shipment Share by Vendor, 2011



Kuvio 3. Virtuaaliyhtiöiden markkinaosuus [IDC's Server Virtualization Tracker, 2012]

## 4 Kokeellinen osuus

### 4.1 Nykytilan kuvaus

Yritys X tarjoaa asiakkailleen pilvipalvelua. Kappaleessa 2.4 kuvatuista kaupallisista pilvipalveluiden tyypillisistä käyttökuvauksista poiketen yrityksen sovelluksille on tyypillistä asiakaskohtainen melko suuri tietomäärä. Yksittäisen sovelluksen vaatiman laskentakapasiteetin tarve on hyvin ennustettavaa mutta vaativaa. Yrityksen kehittämä sovellus edustaa arkkitehtuuriltaan monoliittiajattelua. Tämä tarkoittaa sitä, että sovellus ei klusteroidu pienten laskentayksikköjen yli vaan tarvitsee laskentaresurssit saman käyttöjärjestelmän alaisuuteen.

Yritys X:n ja tämän lopputyön kannalta huomioitavaa oli myös se, että yritys X otti samoihin aikoihin käyttöön uuden sovelluksensa, joka poikkesi suuresti yrityksen vanhasta ohjelmistosta teknillisesti tietokanta-ajattelun osalta. Tulevaisuutta ajatellen päätettiin kuitenkin tehdä testit yrityksen uudella versiolla.

## 4.2 Kokeen tavoite ja toteutus

Tämän opinnäytetyön kokeellisen osuuden tavoitteena on selvittää, olisiko yritys X:n tuotetta mahdollista tuottaa pilvestä tehokkaasti. Kokeessa pyritään toteamaan, onko virtualisoituun infrastruktuuriin siirtyminen tällä hetkellä mahdollinen kehityssuunta. Koe toteutetaan etsimällä sopiva pilvi-infrastruktuuri ratkaisu, jossa voidaan yritys X:n tuotetta testata.

Kokeessa on tarkoitus testata virtuaalisen yritys X ympäristön ja perinteisen toteutuksen suorituskyky eroja samalla laitteistolla. Koetta tehdessä ja sen edetessä on myös tarkoitus kerätä kaikki kokeessa havainnoidut kahden toteutuksen välillä ja laatia niiden pohjalta SWOT-tyyppinen listaus.

## 4.3 Valittu tuote/ratkaisu ja syy

Työn kokeellinen osuus aloitettiin hahmottamalla yritys X:n kanssa, minkälainen heidän sovelluksensa on ja millaisia kriteereitä pilvialustaratkaisujen tulisi täyttää. Työn varsinaisena päämääränä tulisi selvittää, miten yritys X:n tuote pystyttäisiin tuottamaan pilvestä mahdollisimman tehokkaasti. Selvitetään myös, olisiko tällä hetkellä kolmannen osapuolen pilveen tai yksityiseen pilveen siirtyminen kannattavaa tai edes mahdollista.

Yrityksen havaintojen perusteella kaupalliset pilvipalveluiden tuottajat ovat kehittäneet palveluitaan toisenlaisia sovelluksia varten: pilvipalvelut soveltuvat ensisijassa klusteroituvien sovellusten käyttöön tai laskentaresurssien tarpeen ei-ennustettavaan luonteeseen. Yrityksen X sovellus ei ole kumpaakaan näistä: laskentaresurssien vaatimus on ennustettavaa eikä sovellus klusteroidu.

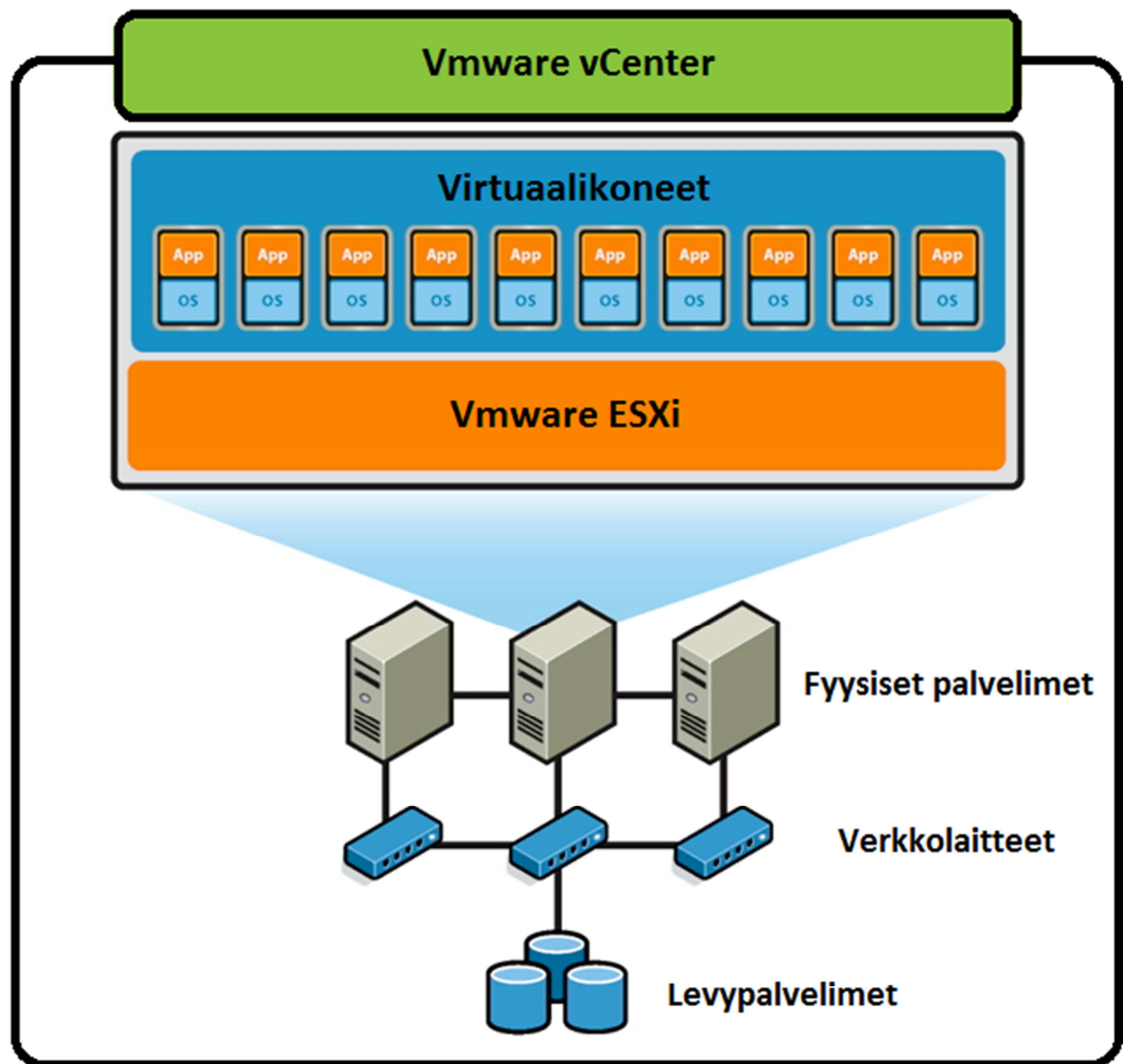
Hyvin nopeasti tuli selville, että kolmansien osapuolien hinnoittelu ja suorituskyky puutteet tulisivat pois suljetuksi parhaan pilviratkaisun tuottamiseen tällä hetkellä. Järkevämmäksi vaihtoehdoksi jäi kokeilla tarjota Yritys X:n tuotetta omapilvi-tyyppisestä ratkaisusta.

Oman pilven rakentamiseen valittiin Vmwaren ESXi 5-palvelinvirtualisointituote, koska Vmware on ollut jo pitkään edelläkävijä virtualisointi teknologioissa. Vmware on myös suosituin ja laajin virtuaaliratkaisuja toimittava yhtiö. Heidän tuotteistaan on paljon

informaatiota löydettävissä internetistä ja kirjallisuudesta. Vmwarella on kilpailijoihinsa nähden kokonaisen virtuaali-infrastruktuurin hallintaan ja monitorointiin ylivoimaisesti tehokkaimmat ratkaisut. ESXi:llä hypervisor-virtualisointi ratkaisusta myös laajin tuki yksittäiselle virtuaalikoneelle jaettavasta suorituskäyttö resursseista.

#### 4.4 Vmware palvelinvirtualisoinnin peruselementit

Vmware-virtualisointihierarkia selviää kuvasta 12312. Virtuaalikoneet on sidottu yksittäiseen fyysisen palvelimen päällä olevaan ESXi-virtualisointialustaan. vCenterin toimii yhteisenä rajapintana ESXi-klustereille ja hallitsee niille yhteisesti jaettavia laitteita, kuten levypalvelimen resursseja.



Kuvio 4. Vmware-palvelinvirtualisointihierarkia

#### 4.4.1 Vmware ESXi

Vmware on tuonut vuosien mittaa lukuisia uusia tuotteita ja ominaisuuksia tuoteperheeseensä. Tässä työssä keskitytään pääsääntöisesti Vmware ESXi-käyttöjärjestelmään, jonka ympärille kaikki muut Vmwaren palvelinvirtualisointituotteet rakentuvat. [12, s. 8.]

Vmware-tuoteperheen ytimenä toimii Vmware ESXi-käyttöjärjestelmä, jonka tarkoituksena on virtualisoida yksittäinen palvelin. ESXi käyttöjärjestelmä toimii hypervisorina virtuaalikerroksen ja fyysisten laitteiden välissä. ESXi:tä ei ole mahdollista

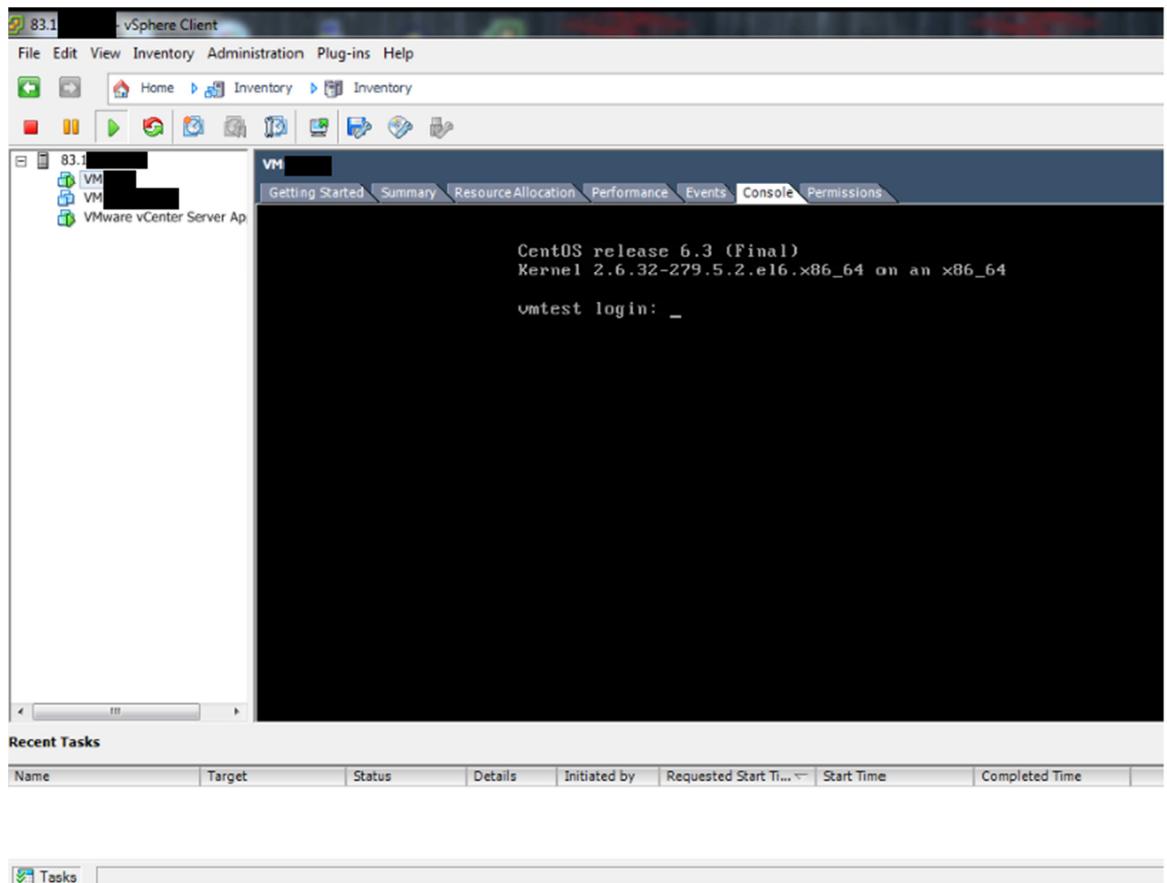


hallita paikallisesti, ainoastaan erillisen client-sovelluksen kautta nimeltä Vmware vSphere tai web-käyttöliittymästä.

Yksittäinen ESXi toimii siis hostina (isäntänä) virtuaalikoneille (guest) hypervisorin ollessa rajapintana ja virtuaalikoneiden hallitsijana. Vmware-filosofiassa virtuaalikoneen ei ole tarkoitus tietää olevansa virtuaalikone, ainoastaan hypervisorin tehtävänä on olla tietoinen palvelimen fyysisistä ja loogisista resursseistaan, joita jakaa virtuaalikoneille. [12, s. 4.]

#### 4.4.2 Vmware vSphere

Vmware vSphere on erillinen hallinta koneelle ladattava graafinen client sovellus, jonka kautta muodostetaan yhteys yksittäiseen ESXi-klusteriin tai niitä hallinnoiviin vCenter palvelimiin. Yhdistäminen tapahtuu antamalla palvelimen IP-osoite, käyttäjänimi ja salasana. vSpheren toimi vielä ESXi-5.0 version pääsääntöisenä hallinta- ja monitorointikäyttöliittymänä Vmware virtuaali-infrastruktuuriin. [12, s. 19.]



Kuvio 5. Vmware vSphere-käyttöliittymä

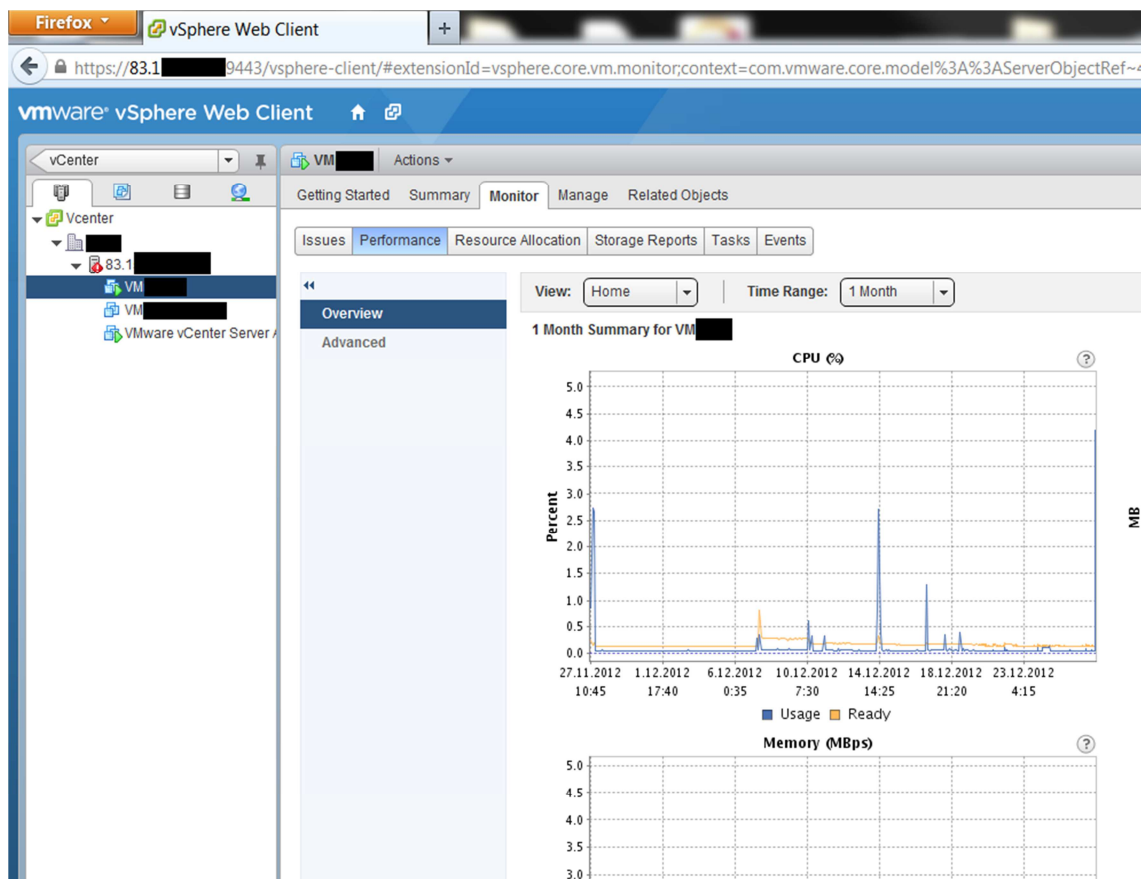
Kaikki Vmwaren hallintatyökalut ovat hyvin Windows-painotteisia, vSpherestä on tehty ainoastaan Windows-käyttöjärjestelmää tukeva client-sovellus. [12, s. 19.]

#### 4.4.3 Vmware vCenter

Vmware ESXi:tä eli isäntiä hallitaan keskitetysti taas erillisellä sovelluksella nimeltä vCenter. vCenter voidaan asentaa erilliselle palvelimelle tai vaihtoehtoisesti se voi toimia virtuaalikoneena jonkin ESXi-isännän alaisuudessa. vCenterin hallintaan käytetään samaa client-hallintasovellusta kuin ESXi:hin, tai vaihtoehtoisesti internetselainta. [12, s. 19.]

Vmware esitteli kesällä 2011 uuden version palvelinvirtualisointituoteperheestään Vmware 5.0:n ja samalla flash-pohjaisen vCenter web-käyttöliittymänsä. Selainliittymästä pystyi hallitsemaan vCentteriä, kuitenkin toiminnoiltaan suppeammin

kuin vSpherestä clientistä. Syksyllä 2012 Vmware julkaisi ESXi 5.1-version tuotteistaan, jossa vCentterin web-käyttöliittymää oltiin paranneltu ja toimintoja lisätty, jopa niin että sieltä löytyi toimintoja, joita vSpheren kautta ei ollut enää mahdollista suorittaa. Web-käyttöliittymä on hyvin selain riippuvainen ja toimii hyvin ainoastaan Windows Explorerilla tai Firefox-selaimella. Virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmiin on mahdollisuus myös selainkäyttöliittymän kautta ottaa yhteys, mutta vaatii selaimeen erillisen liitännäisen, joka toimii ainoastaan Windows-koneilla.



Kuvio 6. Vmware vCenter WEB-käyttöliittymä

Vmware vCenter hallitsee ja monitoroi ESXi klustereita, niin kuin ESXi tekee saman virtuaalikoneille. vCenter toimii yhdistävänä rajapintana klustereille ja mahdollistaa tärkeimpien Vmware-virtualisointiominaisuuksien käyttöönoton.

ESXi:ä ja vCentteritä on myös mahdollista hallita SSH:n kautta. Komentoriviä käytetään tyypillisesti ylläpidossa tehtävien automaattioskriptien luontiin ja suorittamisiin. [12, s. 19.]

#### 4.5 vMotion ja automaatiotekniikat

Vmware ESXi ja vCenter sisältävät runsaasti erilaisia ominaisuuksia lisenssistä riippuen. Pääominaisuutena toimii kuitenkin vMotion ja sen tuomat muut ominaisuudet liittyen korkeaan saatavuuteen, hyötysuhteen maksimointiin ja niiden automatisointiin. [12, s. 10.]

vMotion on vCentterin tuoma ominaisuus, jolla voidaan siirtää virtuaalikoneita ja virtuaalilaitteita ESXi-klustereista toiseen, manuaalisesti tai automaattisesti. vMotionin automatisoinnin kannalta vCentterin tehtävänä huolehtia virtuaalikoneiden resurssien riittävydestä ESXi-klusterilla ja huolehtia niiden optimaalisesta kuormantasauksesta.

vMotion-tekniikkana toimii ihanteellisena automaationa esimerkiksi näin: vCentter havaitsee ESXi-klusterilla kuormitetun virtuaalikoneen, jossa sille ei voida vapauttaa enää resursseja. Näin ollen vCentter etsii hallinnoimistaan muista ESXi-klustereista optimaalisen klusterin, joka täyttää virtuaalikoneen resurssivaatimukset ja yhteensopivuuskriteerit. Virtuaalikone luodaan uudelle klusterille identtisillä resursseilla alkuperäisestä. Tämän jälkeen alkuperäisen virtuaalikoneen muistia aletaan kopiomaan lähde klusterista uuteen kohde klusteriin. Jos jokin on muuttunut kopiointi vaiheen välissä alkuperäisellä virtuaalikoneella, niin suoritetaan kopiointia niin kauan, kunnes data on identtinen. Tämän jälkeen kone käynnistetään uudella klusterilla ja vanha kone pysäytetään. [12, s. 675.]

vMotionin avulla voidaan myös toteuttaa esimerkiksi korkean käytettävyyden saanti. Tilanne, jossa kokonaisen palvelimen eli ESXi-klusterin menettäminen aiheuttaa välittömästi virtuaalikoneiden uudelleen sijoittamisen ja käynnistämisen muille klustereille. [12, s. 12.]

vMotionin avulla voidaan asettaa myös palvelimet toimimaan energiatehokkaasti, sijoittamalla virtuaalikoneet klustereille mahdollisimman ekologisesti. Esimerkiksi kolmen klusterin tilanteessa, jossa kaikilla pyörii virtuaalikoneita, mutta virtuaalikoneiden resurssitarpeet riittävät pyörittämään niitä kahdella klusterilla. Näin vCentter voi vMotion avulla sijoittaa virtuaalikoneet kahdelle klusterille ja laittaa kolmannen klusterin virransäästötilaan tai jopa sammuttaa sen. Jos virtuaalikoneiden resurssitarpeet muuttuvat, herätetään kolmas klusteri ja sijoitetaan virtuaalikoneet uudelleen klusterien kesken.

#### 4.6 Testin lähtöasetelmat

##### Testipalvelimen tekniset tiedot

- Intel Xeon E5520 @ 2.27GHz 2 loogista prosessoria, 4 ydintä per prosessori ja hyperthreading = 16 CPU:ta
- 32 Gb RAM

##### Testissä käytettävät sovellukset

- Virtualisointi tuotteena: Vmware 5.0 ESXi ja vSphere
- Käyttöjärjestelmänä: Linux Centos 6.3 minimal 64-bit
- Testikohteena ja mittarina: Yritys X:n sovellus ja sen suorittamat ajot

Palvelimeen tultaisiin asentamaan kaksi kiintolevyä niin, että toisessa on ainoastaan ESXi:n päällä toimiva virtuaali-Centos-käyttöjärjestelmän ympäristö ja toisessa puhdas Centos-ympäristö. Testit tehtiin kahdessa erässä niin, että ainoastaan testissä olevan ympäristön kovalevy oli käytössä ja toinen fyysisesti irrotettu palvelimesta.

Vmware tarjoaa lisenssejä monessa standardisoidussa paketissa sisältäen tietyt lisenssiin sidotut ominaisuudet. Tuoteperheiden lisenssihinnat muodostuvat ESXi:n ominaisuuksien määrästä, muiden Vmware-tuotteiden määrästä ja fyysisten prosessoreiden tuesta palvelimissa. Vmware on yksinkertaistanut lisenssi mallejaan

jokaisen uuden versionsa julkaisemisen myötä ja poistanut esimerkiksi keskusmuistin rajoitukset lisensseistä. Uuden tai kattavamman lisenssin käyttöönotto tapahtuu helposti, ilman uudelleenasennusta, uusien ominaisuuksien vain kytkettäessä päälle.

#### 4.6.1 Kokeen vaiheet

Varsinaisena testinä on verrata kahta identtistä Yritys X:n sovellusympäristöä Centos 6.3-käyttöjärjestelmä alustalla. Samaa palvelinta tulitisiin käyttämään molemmissa tapauksissa, ainoana erona että toisessa testitapauksessa välissä olisi Vmware ESXi 5.0-palvelinvirtualisointikäyttöjärjestelmä. ESXi:n päälle on tarkoitus rakentaa virtuaalikone ja ajaa virtuaalikonetta, joissa pyörii Yritys X:n sovellusympäristö.

Kokeen testaus tapahtuu mittaamalla ja vertailemalla suorituskkyjä virtuaalisen ja perinteisen toteutuksen välillä ajamalla identtisiä testejä yritys X:n sovelluksella. Testeihin kuuluu kolme erilaista ajoa, ja ajot tullaan ajamaan molemmissa ympäristöissä kolme kertaa, jotta saavutetaan mahdollisimman tarkat tulokset. Tarkoituksena on myös havainnoida kokeen aikana ilmeneviä luotettavuus ja toimivuus tekijöitä, etenkin virtuaalikoneen tapauksessa. Virtuaalipalvelin pyritään asennusvaiheessa konfiguroimaan mahdollisimman suorituskkyisesti ja antamaan kaikki laitteiston resurssit käyttöön.

#### 4.6.2 ESXi:n asennus ja konfigurointi

Palvelin, johon ESXi asennettiin, oli malliltaan Dellin T610. ESXi-asennus tapahtui Unetboot sovelluksen avulla USB-tikulta. ESXi:n asennus oli todella suoraviivaista ja yksinkertaista, asennus oli ohi kymmenessä minuutissa:

Tärkeimmät vaiheet ESXi:n asennuksessa:

1. Valitaan kiintolevylle minne ESXi asennetaan.
2. Näppäimistö kieli.
3. Asetetaan pääkäyttäjän salasana.

Kiintolevy, jolle ESXi asennettiin, nimettiin datastore1:ksi. Levy, jolle ESXi asennetaan, alustuu VMFS tiedostojärjestelmäksi, joka on ainoa tiedostojärjestelmä, josta ESXi voi käynnistää. [12, s. 393.]

ESXi:n konfiguraatio:

1. ESXi:n hallinnointia asetetaan sille sitä varten IP, aliverkko ja DNS-palvelimen osoitteet.
2. Aktivoidaan SSH yhteys, jotta voimme käyttää ESXi:tä myös komentoriviltä.
3. Testataan että hallinnointi verkko toimii Ping:illä ja kirjautumalla SSH:lla.

Huomioitavaa on, että palvelimen raudan ja etenkin prosessoreiden on syytä tukea virtualisointia ja olla kytkettynä päälle BIOS:sista, jotta saavutetaan toimiva ja tehokas virtuaaliympäristö. Sivuilta löytyy Vmwaren lista kaikista heidän tukemista laitteistaan.

Tämän jälkeen asensin paikalliselle kannettavalle koneelleni Vmware Vspheren, jolla otetaan yhteys ESXi hypervisorin antamalla sille kyseisen ESXi-isännän IP-osoite, käyttäjätunnus ja salasana.

#### 4.6.3 Virtuaalikoneen luonti:

Virtuaalikoneen luomiseen on kolme tapaa:

1. Luoda kokonaan uusi virtuaalikone.
2. Konvertoimalla fyysinen kone virtuaaliseksi.
3. Kloonamalla jo olemassa oleva virtuaalikone.
4. Lataamalla valmis virtuaalikone pohja.

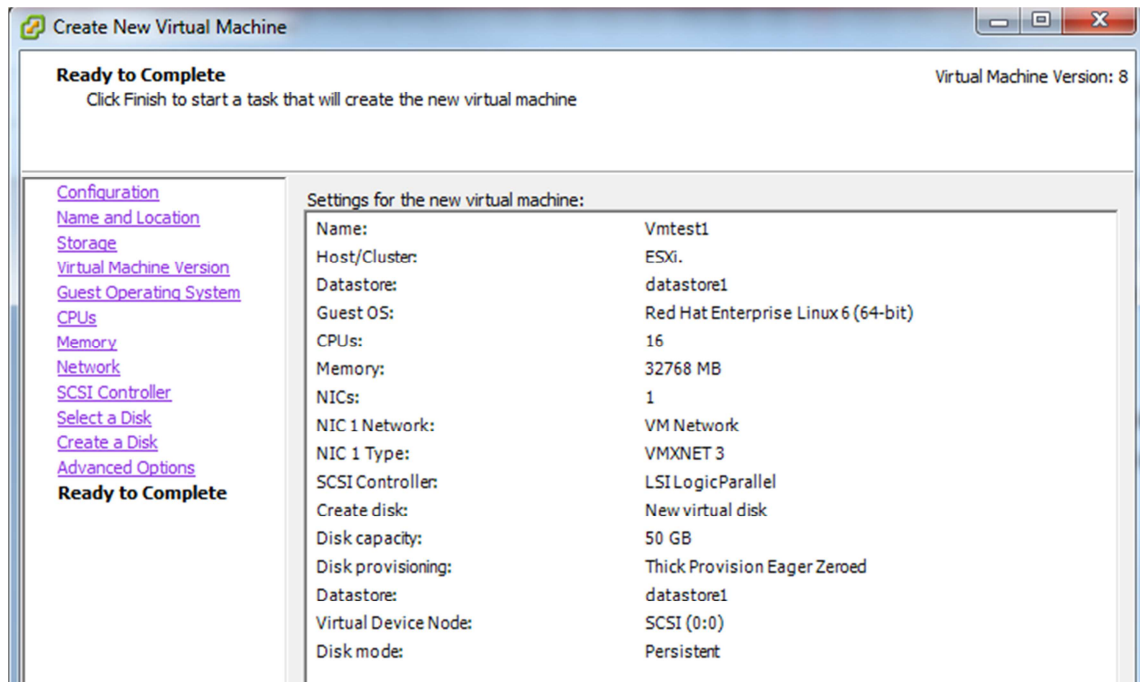
Vmware Converter on ilmainen työkalu, jolla voi konvertoida fyysisiä koneita lennosta virtuaalikoneiksi suoraan ESXi-klusteriin, eikä konvertoitavaan koneeseen tarvitse tehdä mitään toimenpiteitä konvertoinnin aikana. Konvertoimiseen liittyy kuitenkin ehtoja, esimerkiksi jos käytössä on ohjelmisto-RAID tai LVM-levyasetukset, ei konvertointi ole mahdollista.

Centos on ilmainen Linux-jakelu, joten siihen löytyy monia valmiita ladattavia virtuaalikoneita, jotka on jo valmiiksi esikonfiguroitu perusasetuksilla. Virtuaalikoneet on helppo ottaa käyttöön lisäämällä ne Vspheren kautta haluttuun klusteriin.

Virtuaalikoneiden kloonamisen on yksinkertaista ja mahdollistaa muokata uuden kloonikoneen käyttäviä resursseja ennen kloonauksen aloitusta. Virtuaalikoneiden kloonaminen onnistuu ainoastaan joko vCentterin käyttöliittymän kautta tai Vmware Converterin avulla. Virtuaalikoneen käyttöjärjestelmästä riippuen virtuaalikoneille on myös mahdollista lisätä prosessoreita ja keskusmuistia suoraan lennosta. [12, s. 11.]

Jos resursseja halutaan vähentää, on muutokset tehtävä virtuaalikoneen ollessa sammuksissa.

Työssä päädyttiin kuitenkin rakentamaan ensimmäinen virtuaalikone täysin tyhjästä. Virtuaalikoneen asennus aloitettiin Vmwaren asennusvelhon avulla ja virtuaalikoneen luonnissa käytettiin seuraavia Custom-asetuksia:



Kuvio 7. Virtuaalikoneen luominen

Virtuaalikoneelle annettiin käyttöön palvelimen kaikki RAM- ja CPU-resurssit. Cpu:t lasketaan ytimien perusteella ja oletuksena hyperthreading-ominaisuudella varustettu prosessori tuplaa prosessorin ytimien määrän. Hypervisor määrittää laitetasolla, miten se käyttää prosessoreiden ytimiä tehokkaisten, joten CPU-resursseja määriteltäessä ei ole väliä, antaako resurssit muodossa *socket 2, cores 8* vai *socket 1, cores 16*. [12,s. 580.]

Virtuaalikone sijoitettiin samaan paikalliseen kiintolevyyn kuin ESXi, mutta luotiin sille oma 50GB Thick Provisioned Eager Zeroed-levyosio.

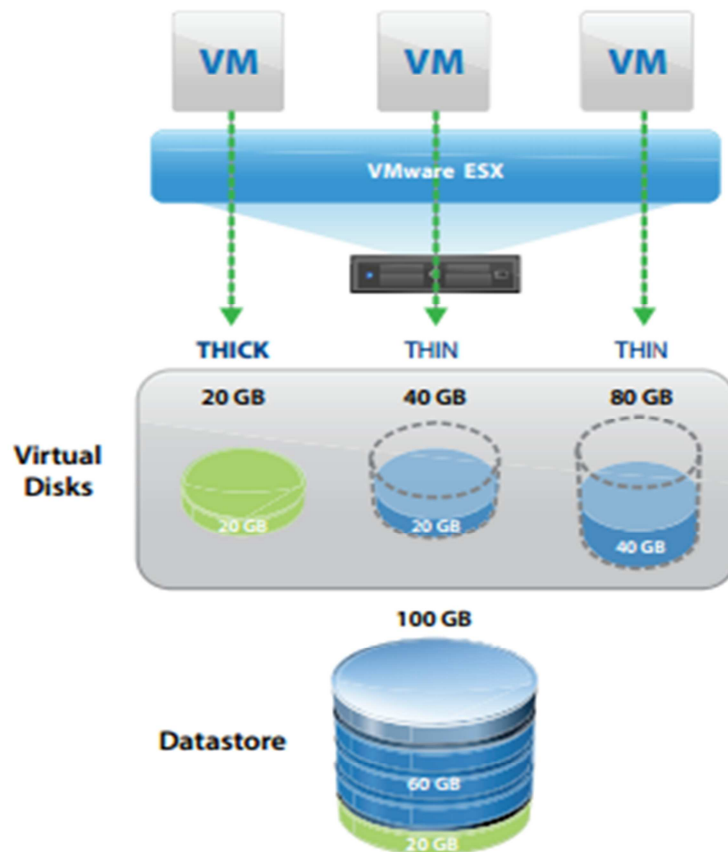
Tietovarastojen tiedostojärjestelmänä käytetään pääsääntöisesti Vmwaren omaa VMFS-tiedostojärjestelmää, mutta Vmware tukee myös NFS-tiedostojärjestelmää. Vmware ESXi-käyttöjärjestelmä on kuitenkin asennettava lohkoketasolla toimivaan VMFS-



tiedostojärjestelmään. [12, s. 393.] Testissä käytettiin VMFS-tiedostojärjestelmää, koska virtuaalikone asennettiin samalle levyille kuin ESXi.

Virtuaalikonetta luodessa on kolme vaihtoehtoa varata levytilaa:

1. Thick Provision Lazy Zeroed – Allokoi levyltä valitun määrän tilaa, kuitenkin ilman levyn formatointia. Varattua levyä kirjoitetaan puhtaaksi sitä mukaa mitä varatulle tilalle kirjoitetaan uutta dataa. Tämä mahdollistaa nopean tilan allokoinnin ja mahdollisuuden palauttaa tietoja levyltä, koska sitä ei ole luontivaiheessa formatoitu. [9.]
2. Thick Provision Eager Zeroed – Allokoi levyltä valitun määrän tilaa, formatoiden koko levyosion ennen sen käyttöönottoa. Tämä varaustapa on suositeltava HA klustereiden luontiin ja välttämätön, jos halutaan käyttää Vmwaren automaattista viansietokykyominaisuuksia. [9.]
3. Thin Provision – Käytetään kiintolevytilan säästötarkoitukseen, jossa varataan levyltä haluttu kiinteä määrä tilaa, mutta mahdollistaa levyosion vielä käyttämättömän tilan käytön muille levyosiolle varattavaksi. [9.]



Kuvio 8. Vmwaren vaihtoehdot levytilan varaamisessa [10.]

Verkkoasetuksissa käytettiin oletusvaihtoehtoja, jossa ESXin hallinta yhteys ja virtuaalikoneiden verkkoliikenne on samassa virtuaalikytkimen alaisuudessa. Virtuaaliverkkoadapterina käytettiin paravirtualisoitua VMXNET 3, parhaan suorituskyvyn saamiseksi. [12, s. 474 table 9.2.]

Virtuaalikoneisiin voidaan yhdistää vSphere käyttöliittymästä konsolin kautta, jota pääsääntöisesti käytetään vain virtuaalikoneiden ylläpitäjänä. Virtuaalikoneita käytetään normaalisti muodostamalla yhteys koneen IP-osoitteeseen esimerkiksi SSH:n tai Remote Desktopin avulla.

Virtuaalikoneen rakentaminen kesti muutaman minuutin, jonka jälkeen pystyimme aloittamaan Centos 6.3-käyttöjärjestelmän asennuksen virtuaalikoneeseen. Käyttöjärjestelmän asennus virtuaalikoneeseen tehtiin vSphere-käyttöliittymän kautta etäkoneeseen liitetystä USB-tikulta, jossa sijaitsi käyttöjärjestelmän media.

Virtuaalikoneelle osoitettiin Centos-median sijainti paikalliselta koneeltani, ja virtuaalikone aloitti uudelleenkäynnistyksen jälkeen normaalin Linux-käyttöjärjestelmän asennuksen virtuaalikoneelle. Vaikka virtuaalikoneen tiedostojärjestelmänä on VMFS, asennetaan käyttöjärjestelmä kuitenkin normaalisti Linux-maailmasta tuttuun ext4-tiedostojärjestelmään VMFS:n päälle.

Kun käyttöjärjestelmä oli asennettu, asennettiin virtuaalikoneelle yritys X:n sovellus ja ajettiin sillä testauksessa käytettävät ajot.

#### 4.6.4 Toisen testikoneen asentaminen

Toisen testipalvelimen rakentamisen aloitettiin sammuttamalla palvelin ja vaihtamalla ESXi-koalevy tyhjään koalevyyn, johon piti pystyttää toinen "bare-metal"-testiympäristö. Kovalevyjen vaihdon jälkeen aloitettiin normaali käyttöjärjestelmän asennus. Käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen asennettiin identtinen yritys X:n ympäristö palvelimelle ja ajettiin samat testit kuin virtuaalipalvelimella.

Testitapauksien Centos-käyttöjärjestelmien ja yritys X:n ympäristöjen asennukset tapahtuivat täysin identtisesti, eikä kummassakaan tapauksessa ilmennyt mitään virheitä.

#### 4.7 Testin numeeriset tulokset

Kummassakin testissä ajettiin kolme erilaista yritys X:n sovelluksen käyttämää ajoa kolmena toistona tarkan keskiarvon maksimoimiseksi ja virheiden minimoimiseksi.

Ajettu testi	Centos 6.3	ESXi 5.0 Virtuaali Centos 6.3
readHistoryTransactionsChain	41.6 s	38.3 s
aggregationChain	1 min 45,6 s	1 min 35.7 s
execute_ui_scripts	53.5 s	1 min 7.4 s

Taulukko 1. Testin tulokset

## **5 Tulosten analysointi, päätelmät, pohdinta**

### **5.1 Tulosten analysointi**

Näistä tuloksista voidaan päätellä, että virtuaalikerroksen lisääminen ei huonontanut yrityksen X:n sovelluksen suorituskykyä, vaan päinvastoin paransi sitä. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa kahden testitapauksen kovalevyt, jotka eivät olleet täysin identtiset. Myös Yritys X:n sovellus oli kehitysvaiheessa kuitenkin niin, että testit tehtiin identtisillä sovellusversioilla.

### **5.2 Pohdintaa**

Koska yritys X:n tuotetta pystyttäisiin tuottamaan virtuaalialustalta suorituskykyisesti, on siirtyminen palvelinvirtualisointiin mahdollinen kehityssuunta. Luvussa 3.5 esitetyt virtualisoinnin tuomat edut ovat kuitenkin suurimmaksi osaksi saavutettavissa vasta tuomalla virtualisointi osaksi kokonaisinfrastruktuuria, kuten esimerkiksi luvussa 2.4.2 esitetty Elisa eSali.

Vasta infrastruktuuri kokonaan virtualisoimalla päästään malliin, jossa voidaan näennäisesti olettaa resurssien olevan äärettömät. Käytännössä kuitenkin suorituskyvyn rajoina yksittäiselle virtuaalikoneelle toimii käytettävien yksittäisten palvelinten maksimikeskusmuisti ja prosessorimäärät.

### **5.3 Yhteenveto**

Tämä lopputyö toi yritys X:lle tietoa pilvipalveluiden määritelmästä ja toteutustavoista. Lopputyössä selvisi testaamalla, että yritys X:n tuotetta on mahdollista tarjota suorituskykyisesti virtuaalialustalta.

- Tietojenkäsittely infrastruktuuriin päälle lasketaan abstrakti virtuaalikerros. Se mahdollistaa esimerkiksi katastrofitilanteista selviämisen automaattisesti. Hyvin toteutettu virtuaalijärjestelmä mahdollistaa tilanteen, jossa kokonaisen konesalin menettäminen ei aiheuta palveluihin käyttökatkoa. [8.]

- Hallinta ja monitorointi helpottuvat, kun saadaan kaikki infrastruktuurin laitteet yhden ja saman virtuaalikerroksen alle, jota voidaan keskitetysti ylläpitää yhden käyttöliittymän kautta.
- Virtualisoimalla saavutetaan myös aikaan automatisoituja toimenpiteitä kuten kuormantasausta ja palvelujen optimointia palvelimien hyötysuhteen maksimoimiseksi. [8.]

Lopuksi tämän opinnäytetyöntekijän tekemä SWOT-analyysi, testissä käytettyjen Vmwaren tuotteiden perusteella.

### 5.3.1 Vahvuudet

Jos yritys X siirtyisi virtualisoimaan kaikki palvelimensa Vmwaren tuotteilla, suurimpana etuna tämän työn tekijänä näkisin kaikkien palvelinten yhtenäisen hallinnan ja monitoroinnin yhden hallintapaneelin kautta. Yksi yhteinen alusta toisi mukanaan korkean tason saatavuuden ja proaktiivisemmän työskentelyn.

Vmware on virtuaaliratkaisujen edelläkävijä ja tarjoaa kilpailijoihinsa verrattuna ylivoimaisesti eniten ominaisuuksia virtuaalisten palvelukokonaisuuksien hallintaan.

### 5.3.2 Heikkoudet

Hyödyntämällä kaikki Vmwaren tarjoamat hyödyt yritys X:lle, tulisi alkusijoitus Vmwaren lisenssien osalta olemaan suuri. Suorituskyvyn puitteissa olisi järkevää ottaa kallein lisenssi saadakseen käyttöön mahdollisimman monta prosessoria per virtuaalikone ja kaikki Vmwaren tarjoamat ominaisuudet.

Virtuaalikerroksen hyödyntämisessä on tärkeää laitteiston ja etenkin prosessoreiden yhteensopivuus. Epäyhteensopivuus saattaa olla esteenä Vmwaren tuotteiden tarjoamiin ominaisuuksiin kuten esimerkiksi vMotioniin. [12, s. 674.]

### 5.3.3 Mahdollisuudet

Uusien ominaisuuksien ja palveluiden määrä kasvaa Vmwaren tuotteissa nopeassa tahdissa. Vmware on lisännyt jokaisen uuden version myötä paljon uusia ominaisuuksia, joiden käyttöönotto on tehty yksinkertaiseksi.

Yritys X:n sovellus on päivittäistä laskentaa. Riippuen asiakkuuksien koosta on palvelinten suorituskyky ainoastaan rajana. Virtualisointi Vmwaren tuotteilla mahdollistaisi asiakkuuksien profiloinnin resurssitarpeiden mukaan ja erittelisi asiakkuudet täysin omiksi yksiköikseen. Kaikki palvelut voitaisiin pitää omina virtuaaliympäristöinä, joka selkeyttäisi palvelut ja asiakkuudet paremmin toisistaan.

Virtualisoinnin myötä palvelinfilosofia muuttuu dynaamisemmaksi, joka voi mahdollistaa virtuaalikoneiden tehokkuuden optimointia. Palvelinten hyötykäyttö suhde paranee, ja rahaa säästyy etenkin sähkönkulutuksen kannalta.

### 5.3.4 Uhat

Vmwaren tuotteisiin sitoutuminen voisi aiheuttaa pahimmillaan koko infrastruktuurikatastrofin, jos jostakin syystä virtuaali-infrastruktuuriin pääsisi esimerkiksi viallinen ohjelmistopäivitys tai virus.

## VIITELUETTELO

- [1] Pilvilaskenta-pilvilaskenta.wikispaces.com [Verkkowikisivu, viitattu 7.8.2012].  
Saatavissa: <http://pilvilaskenta.wikispaces.com/IaaS+Infrastructure+as+a+Service>.
- [2] Hyödynnä pilvipalveluja viisaasti [Verkkodokumentti, viitattu 6.8.2012]. Saatavissa:  
<http://technet.microsoft.com/fi-fi/ff934854.aspx>.
- [3] Aaltoyliopiston pilvipalveluohje 9.6.2011 [Verkkodokumentti, viitattu 15.9.2012].  
Saatavissa:  
[https://wiki.aalto.fi/download/attachments/58941866/Aalto\\_yliopiston\\_pilvipalveluohje.pdf](https://wiki.aalto.fi/download/attachments/58941866/Aalto_yliopiston_pilvipalveluohje.pdf).
- [4] Kleyman Bill, Hypervisor 101: Understanding the Virtualization Market. 1.8.2012  
[Verkkoartikkeli, viitattu 10.10.2012] Saatavissa:  
<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2012/08/01/hypervisor-101-a-look-hypervisor-market/>.
- [5] An Overview of Virtualization Techniques -virtuatopia.com [Verkkowikisivu, viitattu 7.6.2012]. Saatavissa:  
[http://www.virtuatopia.com/index.php/An\\_Overview\\_of\\_Virtualization\\_Techniques](http://www.virtuatopia.com/index.php/An_Overview_of_Virtualization_Techniques).
- [6] Hamäläinen Pertti, Kaikki virtualisoinnista, osa 2/4. 3/2009 [Tietokone –lehti, viitattu 8.11.2012]. Saatavissa:  
[http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone\\_3\\_2009/kaikki\\_virtualisoinnista\\_osa\\_2\\_4\\_408](http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_3_2009/kaikki_virtualisoinnista_osa_2_4_408)  
:
- [7] Timeline of virtualization development –wikipedia.org [Verkkowikisivu, viitattu 20.12.2012]. Saatavissa:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_virtualization\\_development](http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_virtualization_development).
- [8] Virtualization and its Advancement-clean-clouds.com, 2.3.2012 [Verkkoblogiartikkeli, viitattu 7.7.2012]. Saatavissa: <http://clean-clouds.com/2012/03/02/virtualization-and-its-advancement/>.

- [9] About Virtual Disk Provisioning Policies, vSphere 5 Documentation Center [Verkkodokumentaatio, viitattu 9.12.2012].  
Saatavissa: [http://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.vm\\_admin.doc\\_50%2FGUID-4C0F4D73-82F2-4B81-8AA7-1DD752A8A5AC.html](http://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.vm_admin.doc_50%2FGUID-4C0F4D73-82F2-4B81-8AA7-1DD752A8A5AC.html).
- [10] VMware vStorage Thin Provisioning [Verkkodokumentti, viitattu 5.11.2012].  
Saatavissa: <http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-vStorage-Thin-Provisioning-DS-EN.pdf>.
- [11] Järvi Antero, Karttunen Jussi, Mäkilä Tuomas ja Ipatti Jouni. Teos: SaaS –käsikirja. 2011 [Verkkokirja, viitattu 27.9.2012]. Saatavissa: <http://dl.dropbox.com/u/3753443/SaaS%20kirja%202011%20iPad.pdf>.
- [12] Hales John, Eiler Brian ja Jones Steve. Teos: Administering vSphere 5, 2012 [Kirja, viitattu 9.9.2012].
- [13] Ring (computer security), -en.wikipedia.org [Verkkowikisivu, viitattu 19.8.2012].  
Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ring\\_\(computer\\_security\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ring_(computer_security)).
- [14] Mell Peter ja Grance Tim  
The NIST Definition of Cloud Computing 10-7-09 [Verkkodokumentti, viitattu 2.6.2012]  
Saatavissa: <http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf>.



## Testien tulokset

Runned test	Linux Centos 6.3	Vmware ESX 5.0 virtual machine Linux Centos 6.3
readHistoryTransactionsChain	39.5 s   41.0 s   44.3 s	38.2 s   37.5 s   39.3 s
aggregationChain -from 2007-01-29 -to 2012-07-23	1 min 42.2 s   1 min 49.5 s   1 min 45.2 s	1 min 36.8 s   1 min 33.7 s   1 min 36.7 s
RunProcessor.execute_ui_scripts	53.0 s   55.8 s   51.7 s	1 min 9.0 s   1 min 6.3 s   1 min 6.9 s

Both cases had runned with same hardware (except HDD):  
Intel Xeon E5520 @ 2.27GHz 2 sockets 4 cores hyperthreading = 16 cores  
32 Gb RAM

Both cases had same Linux confs

Both envs had runned with same tomcat heap size 30Gb  
Transaction.count = 9193262, myynti = 15581751.55 tomipist = näkyy

DATE	INFO
14.9.2012	3 runs, no errors
14.9.2012	3 runs, no errors
14.9.2012	3 runs, no errors